

## LASER TREATMENT METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE

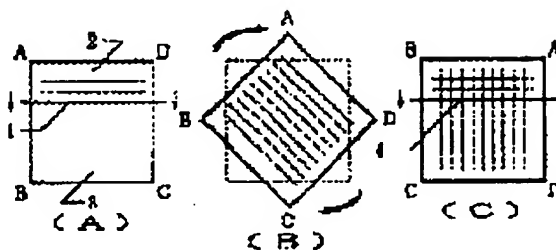
Patent number: JP7249592  
 Publication date: 1995-09-26  
 Inventor: CHIYOU KOUYUU; YAMAGUCHI NAOAKI; TAKEMURA YASUHIKO  
 Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB  
 Classification:  
 - international: H01L21/20; H01L21/265; H01L21/268; H01L21/324; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/268; H01L21/324  
 - european:  
 Application number: JP19940066592 19940309  
 Priority number(s): JP19940066592 19940309

Report a data error here

## Abstract of JP7249592

**PURPOSE:** To improve crystallizability and to improve uniformity by applying line-shaped pulse laser beams with a relatively small output to a substrate and then applying line-shaped laser beams with a larger output nearly at right angles to the previous laser beams.

**CONSTITUTION:** Initially, line-shaped thin and long laser beams 1 with a relatively small output are scanned and applied to a substrate ABCD from the upper to lower parts. Then, the substrate ABCD is rotated by  $(n/2 + 1/4)$  turn ( $n$ : natural number). Then, laser beams 4 which are larger than the initial laser beams 1 are scanned from the upper to the lower parts, thus treating the substrate ABCD and hence maintaining mass-production capability, improving the crystallizability of the substrate, and improving the uniformity of a semiconductor device.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

# 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-249592

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int. Cl.

識別記号

F J

B01L 21/268

Z

21/324

Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 (F J) (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平6-66592

(71) 出願人 000133873

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(22) 出願日

平成6年(1994)3月9日

(72) 発明者 張 宏勇

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 山口 直明

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 竹村 保彦

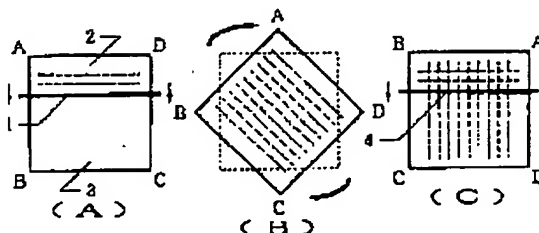
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 半導体デバイスのレーザー処理方法

(57) 【要約】

【目的】 レーザー光の照射によって特性（特に、しきい値電圧）の均一性のよい半導体デバイスを制作する方法を提供する。

【構成】 線状に加工したレーザー光を基板状の半導体デバイスもしくは半導体デバイスとなるべき物体に照射する。その際に、最初は低エネルギーのレーザー光を照射（第1レーザー照射）し、ついで、基板を回転させて、前記第1レーザー照射のレーザー光に対して直角になるように第1レーザー照射よりも大きなエネルギーのレーザー光を照射（第2レーザー照射）する。その結果、レーザー照射による半導体の結晶性が均一となり、特性が安定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体デバイスの形成された基板もしくは半導体デバイスとなるべき物体の形成された基板に対して線状のレーザー光を走査しつつ照射する第1の工程と、

前記基板を $(n/2 \cdot 1/4)$ 回転( $n$ は自然数)させる第2の工程と、

前記基板に対して第1の工程で用いられたレーザー光のエネルギー密度より大きな線状のレーザー光を第1の工程と同じ方向に走査しつつ照射する第3の工程とを有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項2】 請求項1において、基板は長方形であることを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項3】 基板上に形成された珪素膜に対して線状のレーザー光を走査しつつ照射する第1の工程と、

前記基板を $(n/2 \cdot 1/4)$ 回転( $n$ は自然数)させる第2の工程と、

前記基板に対して第1の工程で用いられたレーザー光のエネルギー密度より大きな線状のレーザー光を第1の工程と同じ方向に走査しつつ照射する第3の工程とを有することを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項4】 請求項3において、珪素膜には高速のイオンが照射されたことを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項5】 請求項3において、珪素膜は固相成長法によって結晶化した膜であることを特徴とするレーザー処理方法。

【請求項6】 請求項3において、珪素膜は非晶質状態であることを特徴とするレーザー処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、量産性に優れ、ばらつきが小さく、歩留りの高いレーザー光照射による半導体デバイスの作製方法に関する。特に、本発明は、1部もしくは全部が非晶質成分からなる半導体材料、あるいは、実質的に真性な多結晶の半導体材料、さらには、イオン照射、イオン注入、イオンドーピング等によってダメージを受け、結晶性が著しく損なわれた半導体材料に対してレーザー光を照射することによって、該半導体材料の結晶性を向上せしめ、あるいは結晶性を回復させる方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体素子プロセスの低温化に関して盛んに研究が進められている。その大きな理由は、ガラス等の絶縁基板上に半導体素子を形成する必要が生じたからである。その他にも素子の微小化や素子の多層化に伴う要請もある。半導体プロセスにおいては、半導体材料に含まれる非晶質成分もしくは非晶質半導体材料を結晶化させることや、もともと結晶性であったものの、イオンを照射したために結晶性が低下した半導体材

料の結晶性を回復することや、結晶性であるのだが、より結晶性を向上させることが必要とされることがある。従来、このような目的のためには熱的なアニールが用いられていた。半導体材料として珪素を用いる場合には、600℃から1100℃の温度で0.1～48時間、もしくはそれ以上の時間のアニールをおこなうことによって、非晶質の結晶化、結晶性の回復、結晶性の向上等がなされてきた。

【0003】 このような、熱アニールは、一般に温度が高いほど処理時間は短くても良かったが、500℃以下の温度ではほとんど効果はなかった。したがって、プロセスの低温化の観点からは、従来、熱アニールによってなされていた工程を他の手段によって置き換えることが必要とされた。レーザー光照射技術は究極の低温プロセスと注目されている。すなわち、レーザー光は熱アニールに匹敵する高いエネルギーを必要とされる箇所のみ限定して与えることができ、基板全体を高い温度にさす必要がないからである。レーザー光の照射に関しては、大きく分けて2つの方法が提案されていた。

【0004】 第1の方法はアルゴンイオン・レーザー等の連続発振レーザーを用いたものであり、スポット状のビームを半導体材料に照射する方法である。これはビーム内部でのエネルギー分布の差、およびビームの移動によって、半導体材料が熔融した後、緩やかに凝固することによって半導体材料を結晶化させる方法である。第2の方法はエキシマーレーザーのごときパルス発振レーザーを用いて、大エネルギーレーザーパルスを半導体材料に照射し、半導体材料を瞬間的に熔融させ、凝固させることによって半導体材料を結晶化させる方法である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 第1の方法の問題点は処理に時間がかかることであった。これは連続発振レーザーの最大エネルギーが限られたものであるため、ビームスポットのサイズがせいぜいmm単位となったためである。これに対し、第2の方法ではレーザーの最大エネルギーは非常に大きく、したがって、数cm<sup>2</sup>以上の大きなスポットを用いて、より量産性を上げることができた。しかしながら、通常用いられる正方形もしくは長方形の形状のビームでは、1枚の大きな面積の基板を処理するには、ビームを上下左右に移動させる必要があり、量産性の面で依然として改善する余地があった。

【0006】 これに関しては、ビームを線状に変形し、ビームの幅を処理すべき基板を越える長さとし、このビームを走査することによって、大きく改善できた。改善すべき問題として残されていたことはレーザー照射効果の均一性であった。パルス発振レーザーはパルスごとにエネルギーがある程度変動するため、基板全面にわたって、均一に処理することは困難であった。特に、レーザースポットの重なり部分に関して特性を均一に保つことは重要な未解決課題であった。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、この不均一性の問題を解決する目的でなされたものである。従来、上記のような不均一性を緩和するには、強いパルスレーザー光の照射の前に、それよりも弱いパルスレーザー光の予備的な照射をおこなうと均一性が向上することが報告されている。しかしながら、この場合も、レーザースポットの重なり部分に関してはなおざりにされていた。

【0008】本発明では、線状レーザービームをうまく利用することによってこの問題を解決する。すなわち、本発明では、比較的弱い出力の線状パルスレーザー光を照射して基板を処理したのち、先の線状レーザー光とは概略直角に、より強い出力の線状レーザー光を照射することによって基板を処理する。この場合、最初のレーザー光処理の出力と後のレーザー光処理の出力の絶対値は必要とされる均一性と特性を考慮して決定すればよい。

【0009】最初の線状レーザー光と後の線状レーザー光とを概略直行させるには、レーザー光の向きを変えてもよいし、基板の向きを概略1/4回転（より一般的には、 $(n/2+1/4)$ （但し、 $n$ は自然数）回転）させてもよい。この例を図1に示す。最初に基板（四角形ABCD）を図1（A）のように配置して、線状の細長いレーザー光1を上から下へと走査することによって、基板の処理をおこなう。レーザー光の出力は比較的弱いものとする。レーザー光の照射された部分2には、図1（A）に点線で示すように、レーザー光のパルス強度のばらつきや、レーザースポットの重なりによって、不均一性が見られることがある。基板のうちの3の部分はまだレーザーが照射されていない。（図1（A））

【0010】次に基板を1/4回転させる。（図1（B））

そして、再び、上から下へとレーザー光4を走査することによって、基板の処理をおこなう。この際のレーザー光の出力は、最初のレーザー光の出力よりも大きいものとする。（図1（C））

【0011】

【作用】図1においても明らかであるが、本発明では、後のレーザー照射によってもたらされる不均一性は、先のレーザー照射の工程によってもたらされた不均一性と直行するということである。このため、不均一性が相殺しあって弱められる。このようにして、本発明では均一性のよい半導体デバイスを得ることができる。本発明においては、レーザーの照射されるべき物体の形状は、何のパターンも有しない膜状のものであってもよいし、ほぼデバイスの形状が完成したものでもよい。

【0012】本発明においては線状のビームを用いること、および、それを概略直行させて2回もしくはそれ以上照射すること、等の特徴を有するのであるから、基板としては、正方形や長方形の形状の方が、円形のものより無駄になるレーザー光がないため効率的である。もち

ろん、本発明で円形の基板を用いてはならないということではない。図1は本発明の極めて基本的な例である。本発明は処理すべき基板に設けられた回路の構成により、いくつかのパターンがある。以下に実施例を示し、より詳細に本発明を説明する。

【0013】

【実施例】図5には本実施例で使用したレーザーアニール装置の概念図を示す。レーザー光は発振器52で発振され、全反射ミラー55、56を経由して増幅器53で増幅され、さらに全反射ミラー57、58を経由して光学系54に導入される。それまでのレーザー光のビームは $3 \times 2 \text{ cm}^2$ 程度の長方形であるが、この光学系54によって長さ10〜30 cm、幅0.3 cmの細長いビームに加工される。この光学系を経たレーザー光のエネルギーは最大で1000 mJ/ショットであった。

【0014】光学系54の内部の光路は図6のように示される。光学系54に入射したレーザー光は、シリンドリカル凹レンズA、シリンドリカル凸レンズB、横方向のフライアイレンズC、縦方向のフライアイレンズDを通過する。これらフライアイレンズC、Dを通過することによってレーザー光はそれまでのガウス分布型から矩形分布に変化する。さらに、シリンドリカル凸レンズE、Fを通過してミラーG（図5ではミラー59）を介して、シリンドリカルレンズHによって集束され、試料に照射される。

【0015】本実施例では、図6の距離 $X_1$ 、 $X_2$ を固定し、仮想焦点I（これはフライアイレンズの曲面の違いによって生ずるようになっている）とミラーGとの距離 $X_3$ 、と距離 $X_4$ 、 $X_5$ とを調節して、倍率 $M$ 、焦点距離 $F$ を調整した。すなわち、これらの間には、 $M = (X_1 + X_2) / X_3$ 、 $1/F = 1/(X_1 + X_2) + 1/X_4$ 、という関係がある。なお、本実施例では光路全長 $X_5$ は約1.3 mであった。

【0016】このような細長いビームに加工されたビームを用いることによってレーザー処理能力は飛躍的に向上した。すなわち、短冊状のビームは光学系54を出た後、全反射ミラー59を経て、試料61に照射されるが、ビームの幅が試料の幅よりも長いので、結局、試料は1つの方向にのみ移動させてゆけばよい。したがって、試料のステージおよび駆動装置60は構造が簡単で保守も容易である。また、試料をセットする際の位置合わせの操作（アライメント）も容易である。本発明においては、1方向への移動に加えて、試料を回転させる機能を有すればよい。

【0017】これに対して、正方形に近いビームであれば、それだけで基板全面をカバーすることは不可能であるので、試料を縦方向、横方向というように2次元的に移動させなければならない。しかし、その場合にはステージの駆動装置は複雑になり、また、位置合わせも2次

元的に行わなければならないので難しい。特にアライメントを自動でおこなう場合には、その工程での時間のロスが大きく生産性が低下する。なお、これらの装置は防振台等の安定な架台51上に固定される必要がある。

【0018】本実施例では、アクティブマトリクス型液晶表示装置（AMLCID）において、アクティブマトリクス回路を駆動する周辺回路も同じ基板上に形成されている。いわゆるモノリシック型AMLCIDについて説明する。このようなAMLCIDに用いられる素子のうち薄膜トランジスタの半製プロセスの概略は以下のようであった。

- [1] ガラス基板上への下地酸化珪素膜、非晶質珪素膜の形成、および、非晶質珪素膜上への結晶化促進剤（例えば、酢酸ニッケル等）の塗布
- [2] 固相成長による非晶質珪素膜の結晶化（固相成長条件の例：550℃、8時間、窒素雰囲気中）
- [3] 結晶化した珪素膜に対するレーザー処理（結晶性の向上を目的とする）
- [4] 珪素膜のエッチングによる島状珪素領域の形成
- [5] ゲイト絶縁膜（酸化珪素）の形成
- [6] ゲイト電極の形成
- [7] 不純物元素（燐、ホウ素等）の注入によるソース／ドレインの形成
- [8] レーザー照射による注入された不純物の活性化
- [9] 層間絶縁物の形成
- [10] ソース／ドレインへの電極の形成

本実施例は上記工程において、多結晶珪素膜の結晶性をさらに高める目的でおこなわれる[3]のレーザー光照射に関するものとする。

【0019】このような装置では、図2（A）に示すように、基板21上には、アクティブマトリクス回路の領域22と、カラムドライバー23およびスキャンドライバー24がその隣に設けられている。カラムドライバー23もスキャンドライバー24も回路構成はほぼ同じである。一般には、図3に示すようにドライバー領域の長手方向に多数の薄膜トランジスタ（TFT）が形成される。（図3にはカラムドライバーのアナログスイッチのTFTを示す。このTFTは大きなチャネル幅（約800μm）を有する）

【0020】図2には本実施例の第1の例を示す。まず、図2（B）に示すように、細長い線状レーザー光25を図の上から下へ走査することにより、レーザー処理をおこなった。レーザー照射は大気中でおこない、基板温度は200℃とした。レーザーとしてはKrFエキシマレーザー（波長248nm）を用いた。レーザーの発振周波数は1011Hz、レーザー光のエネルギー密度は200mJ/cm<sup>2</sup>、レーザー光の走査速度は3mm/sとした。この結果、レーザービームは300μmずつずれていくことになる。ビームの幅は0.3mmなので、1か所に付き10ショット程度のレーザー光

が照射されることとなる。

【0021】その後、基板を時計方向に90°回転させる。（図2（C））

そして、再びレーザー光によって図の上から下へ走査をおこない、レーザー処理をおこなう。レーザー照射は大気中でおこない、基板温度は200℃とした。この際には、レーザーの発振周波数、走査速度は先のレーザー照射と同じとし、エネルギー密度のみを300mJ/cm<sup>2</sup>とした。（図2（D））

【0022】最後のレーザー照射はレーザーのエネルギー密度が大きいため半導体デバイスの特性に大きな影響を与える。本発明によってレーザーのばらつきはかなり削減されているが、それでも完全に解決できるものではない。例えば、レーザーの重なり具合を見ている。図3にはカラムドライバーの様子が示されている。カラムドライバーでは、最初のレーザー照射では図の一点線領域で示される領域に重なりが生じる。その後のレーザー照射では、レーザービームはカラムドライバーの長手方向に向けてレーザービームが移動するため、図の点線で示される領域に重なりが生じる。

【0023】特に後のレーザー照射ではエネルギー密度が大きいためTFTに与える影響も大きく、レーザーのショット毎のエネルギーのバラツキが隣接するTFTの特性に大きな変動をもたらすことが予想される。実際には、最初の予備的なレーザー照射によってこの変動は十分に小さく抑えられているが、それでも、カラムドライバーのようなアナログスイッチを有するものでは隣接するTFTで0.02V以上のしきい値電圧の違いがあったような方法ではカラムドライバーのTFTのしきい値電圧が大きくバラツキ可能性があり、好ましくない。そこで、図4のような方法が考えられる。

【0024】まず、基板を図2（A）と同様な向きにセットする。図において、31は基板、32はアクティブマトリクス回路の領域、33はカラムドライバー、34はスキャンドライバーである。（図3（A））

そして、これを時計方向に90°回転させる。（図3（B））

この状態で、図の上から下へとレーザー光35を走査することによってレーザー処理をおこなう。レーザー照射の条件は図2の場合と同じとした。すなわち、レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は200mJ/cm<sup>2</sup>、レーザー光の走査速度は3mm/sとした。レーザー照射は大気中でおこない、基板温度は200℃とした。（図3（C））

【0025】その後、基板を反時計方向に回転させた。（図3（D））

そして、レーザー光35を図の上から下へ走査することによってレーザー処理をおこなった。レーザー照射の条件は、レーザーエネルギー密度を300mJ/cm

m<sup>2</sup>とした以外は、先のレーザー照射条件と同じとした。(図3(E))

この場合には最初のレーザー照射では、カラムドライバーに関しては図3の点線で示された領域のような重なりが生じるものの、より大きなエネルギーのレーザー光が照射される際には図3の一点鎖線の領域に重なりができる。したがって、TFTのばらつきは著しく抑えられる。

【0026】一方、スキンドライバーでは、図2の方法でカラムドライバーで問題となったことが同じく問題となると考えられるかもしれない。しかしながら、スキンドライバーでは、カラムドライバーのようなアナログスイッチではなく、簡接TFTのしきい値のバラツキも0.1V程度で十分であり、この程度のバラツキは通常の本発明の方式(例えば、図1に示した方式)で満たされる。このように本発明をさらに発展させることにより、半導体デバイスの均一性をより高めることもできる。なお、本実施例ではレーザー照射による結晶性の改善の場合を示したが、不純物導入後のソース/ドレイン領域の活性化の工程[5]においても同じように実施でき

【0027】

【発明の効果】本発明のレーザー照射技術によって、量産性を維持しつつ、半導体デバイスの均一性を高めることができた。本発明は半導体デバイスのプロセスに利用される全てのレーザー処理プロセスに利用できるが、中でも半導体デバイスとしてTFTを取り上げる場合、TFTのしきい値電圧の均一性を向上させる意味では、実施例に取り上げたような多結晶珪素膜へのレーザー照射の工程に用いると効果が大きい。また、TFTの電界効果移動度、あるいはオン電流の均一性を高める意味で

は、上記の工程に加えて、ソース/ドレインの不純物元素の活性化工程に本発明を使用すると効果的である。このように本発明は工業上、有益なものと考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の概念を示す。

【図2】 実施例のレーザー処理方法を示す。

【図3】 実施例のカラムドライバーのアナログスイッチTFTの並び方を示す。

【図4】 実施例のレーザー処理方法を示す。

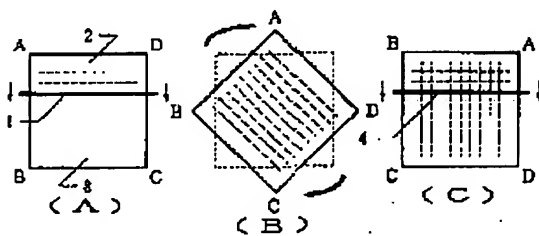
【図5】 実施例で使したレーザーアニール装置の概念図を示す。

【図6】 実施例で使したレーザーアニール装置の光学系の概念図を示す。

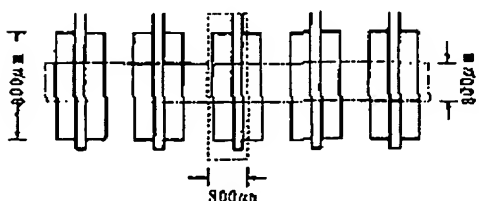
【符号の説明】

- |        |                     |
|--------|---------------------|
| 1, 4   | レーザースポット(線状レーザービーム) |
| 2      | レーザー処理された領域         |
| 3      | レーザー処理されていない領域      |
| 21, 31 | 基板                  |
| 22, 32 | アクティブマトリクス回路の領域     |
| 23, 33 | カラムドライバー            |
| 24, 34 | スキンドライバー            |
| 25, 35 | レーザースポット(線状レーザービーム) |
| 51     | 光学架台                |
| 52     | レーザー装置(共振段)         |
| 53     | レーザー装置(増幅段)         |
| 54     | ビーム成形光学系            |
| 55~59  | 全反射ミラー              |
| 60     | 試料ステージおよび駆動機構       |
| 61     | 試料(ガラス基板)           |

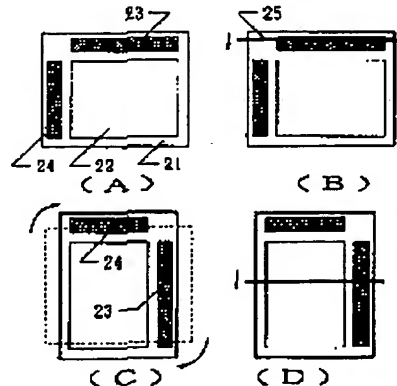
【図1】



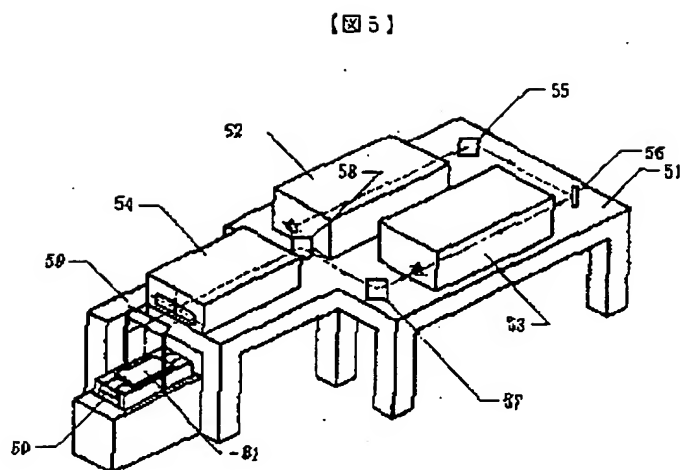
【図3】



【図2】



【圖·1】



【 5 】

【圖6】

